



未来のエスキースを描く。

東北工業大学

## 2024年度入学試験問題

B

### 理 科 (100点 60分)

|    | ページ   | 問題数 |
|----|-------|-----|
| 物理 | 1～14  | 4 問 |
| 化学 | 15～26 | 4 問 |
| 生物 | 27～51 | 3 問 |

#### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはならない。
2. この問題冊子は全部で 51 ページである。落丁，乱丁，印刷不鮮明の箇所などがあつた場合には申し出ること。
3. 下表により 1 科目のみを選択し解答すること。

| 学 科                                                   | 選 択 科 目           |
|-------------------------------------------------------|-------------------|
| 電気電子工学科<br>情報通信工学科                                    | 物理，化学から 1 科目選択    |
| 都市マネジメント学科<br>環境応用化学科<br>建築学科<br>産業デザイン学科<br>生活デザイン学科 | 物理，化学，生物から 1 科目選択 |

4. 解答には黒鉛筆を用い，ボールペン，色鉛筆，万年筆などを使用してはならない。
5. 解答用紙は科目共通で 2 枚（マーク式および記述式）である。
6. 解答用紙（記述式）の指定欄に座席番号（数字），氏名を記入し，さらに，解答する科目名を○で囲むこと。
  - ・ 解答は設問の指示に従い，所定の解答欄に記入すること。
7. 解答用紙（マーク式）の指定欄に座席番号（数字），氏名を記入し，さらに，座席番号と解答する科目名をマークすること。
  - ・ 解答は，例えば 60 に対して ⑤ と解答する場合は，次の（例）のように，解答番号 60 の解答欄の ⑤ のマーク位置に解答用紙（マーク式）のマーク例に従ってマークすること。

（例）

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 60 | ① | ② | ③ | ④ | ● | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | ⑩ | ⑪ | ⑫ | ⑬ | ⑭ |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

- ・ 誤ってマークした場合は，消しゴムで完全に消してからマークしなおすこと。
  - ・ 1 つの解答欄に 2 つ以上マークした場合，その解答欄の解答は無効となる。
  - ・ 解答用紙（マーク式）は，折り曲げたり，破ったり，汚したりしないこと。
8. この問題冊子の余白は，計算などに利用してもよい。
  9. 試験終了後，この問題冊子は持ち帰ること。

# 化 学

解答に必要なときは、次の数値を用いなさい。

原子量 H = 1.00 He = 4.00 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0 Na = 23.0

S = 32.1 Cl = 35.5 K = 39.1 Ar = 40.0 Cu = 63.6 Ag = 107.9

アボガドロ定数  $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

気体定数  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

気体は、実在気体とことわりがない限り、理想気体として扱うものとする。

標準状態 (0 °C,  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) では、理想気体 1 mol の体積は、22.4 L とする。

1 L = 1 ℓ = 1 dm<sup>3</sup>      1 mL = 1 mℓ = 1 cm<sup>3</sup>

**1** 次の問い（問 1～10）に答えなさい。

問 1. 炎色反応に関する記述として下線部に誤りを含むものを、解答群から一つ選びなさい。 1

[解答群]

- ① 炎色反応は、物質を高温の炎の中で熱したとき、炎がその物質の成分元素に特有の色を示す現象である。
- ② 実験室で炎色反応を観察するときは、調べたい物質を含む水溶液をつけた白金線を炎に入れる。
- ③ ガスバーナーを用いて炎色反応を観察するときは、外炎を用いる。
- ④ ナトリウムは、黄色の炎色反応を示す。
- ⑤ 花火には、炎色反応が利用されている。
- ⑥ 遷移元素は、炎色反応を示さない。

問 2. 炭素原子と他の原子との単結合の極性が最も大きいものを、電気陰性度の差を考えて、解答群から一つ選びなさい。 2

[解答群]

- ① C - N      ② C - O      ③ C - F      ④ C - Cl      ⑤ C - Br

問 3. 次の気体のうち，同じ温度・圧力において質量が最も大きいものを解答群から一つ選びなさい。 3

[解答群]

- ① 1.0 L のアルゴン      ② 1.0 L の二酸化炭素      ③ 3.0 L の水素  
④ 3.0 L のメタン      ⑤ 3.0 L のアンモニア

問 4. (この問題の解答は，解答用紙(記述式)(あ)に書くこと。)

分子量  $M$  の物質 1 g 中の分子の個数を  $N$  としたとき，分子量 18 の物質 100 g 中にある分子の個数を  $M, N, 18, 100$  のみを組み合わせて表す式を導出しなさい。

(あ)

問 5. 次の原子または分子ア～カのうち，電子の総数が 12 個以上であるものはいくつあるか。その数を解答群から一つ選びなさい。 4

ア C      イ  $\text{NH}_3$       ウ  $\text{N}_2$       エ Ne      オ Mg      カ  $\text{SO}_2$

[解答群]

- ① 1      ② 2      ③ 3      ④ 4      ⑤ 5      ⑥ 6      ⑦ 0

問 6. 金属結晶では，金属原子が規則正しく配列している。金属ナトリウムの単位格子は，図 1 の立方体で表される。金属ナトリウムの密度を  $d$  [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]，ナトリウムのモル質量を  $W$  [ $\text{g}/\text{mol}$ ]，アボガドロ定数を  $N_A$  [ $1/\text{mol}$ ] としたとき，単位格子の体積を表す式として正しいものを解答群から一つ選びなさい。 5  $\text{cm}^3$

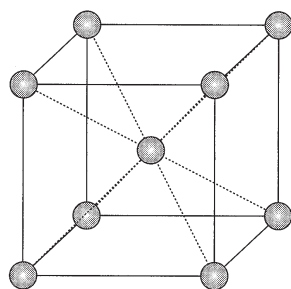


図 1

[解答群]

①  $\frac{WN_A}{d}$     ②  $\frac{2WN_A}{d}$     ③  $\frac{5WN_A}{d}$     ④  $\frac{W}{dN_A}$     ⑤  $\frac{2W}{dN_A}$     ⑥  $\frac{5W}{dN_A}$

問 7. 固体の構造や結合に関する記述として下線部に誤りを含むものを解答群から一つ選びなさい。 6

[解答群]

- ① 体心立方格子をもつ金属の結晶構造は、最密構造である。
- ② 塩化ナトリウムは、陽イオンと陰イオンとの間の静電的な引力によりイオン結晶をつくる。
- ③ ケイ素の結晶は、ケイ素原子の共有結合からなる。
- ④ ドライアイスは、分子どうしが弱い分子間力により規則正しく配列している結晶である。
- ⑤ ガラスは、非晶質である。

問 8. 物質 A と物質 B の沸点を比較したとき、物質 B の沸点の方が高い組合せを、解答群から一つ選びなさい。 7

[解答群]

|   | 物質 A  | 物質 B     |
|---|-------|----------|
| ① | 水     | 硫化水素     |
| ② | エタノール | ジメチルエーテル |
| ③ | ブタン   | プロパン     |
| ④ | フッ化水素 | 塩化水素     |
| ⑤ | 塩素    | 臭素       |

問 9.  $0^{\circ}\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、ある液体 A 1.0 L に溶けるヘリウムと酸素の体積は、それぞれ 9.7 mL、48 mL である。体積比 4 : 1 のヘリウムと酸素からなる十分な量の混合気体を、 $0^{\circ}\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで、液体 A 1.0 L に十分長い時間接触させた。このとき液体 A 1.0 L に溶解したヘリウムの体積は、 $0^{\circ}\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で何 mL か。最も適当な数値を解答群から一つ選びなさい。ただし、ヘリウムと酸素の溶解度は互いに影響せず、気体が溶解した後も、混合気体の圧力と組成は変わらないものとする。また、ヘリウムと酸素は液体 A と反応しない。

8 mL

[解答群]

- ① 1.9      ② 7.8      ③ 9.7      ④ 39      ⑤ 48

問 10. 図 2 は物質 A と物質 B の溶解度曲線を示している。A を 140 g と B を 20 g 含む混合物を温度  $T_H$  の水 100 g に加えて十分にかきまぜた後、温度を  $T_H$  に保ったままろ過した。ろ液を温度  $T_L$  まで冷却したとき、A と B はそれぞれ何 g 析出するか。最も適当な組合せを解答群から選びなさい。ただし、A と B は互いの溶解度に影響せず、いずれも水和水（結晶水）をもたない物質とする。

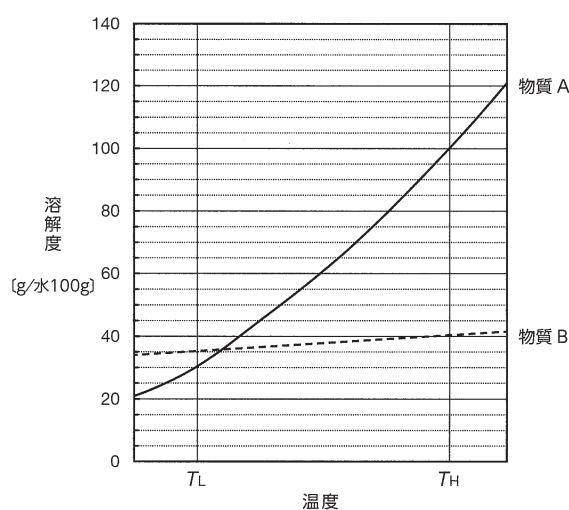


図 2

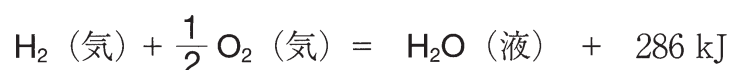
[解答群]

|   | 物質 A の析出量 [g] | 物質 B の析出量 [g] |
|---|---------------|---------------|
| ① | 140           | 20            |
| ② | 110           | 0             |
| ③ | 100           | 20            |
| ④ | 70            | 5             |
| ⑤ | 70            | 0             |
| ⑥ | 40            | 0             |

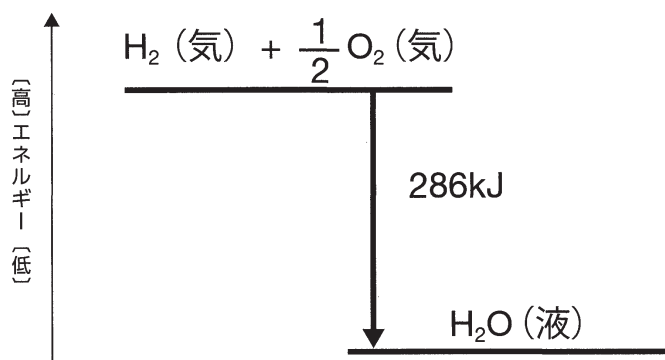
- 2 次の各問の  内に最も適する語句や数値を解答群より選びなさい。  
(同じ選択肢を繰り返し選んでもよい。)

問 1. (この問題の解答は、解答用紙 (記述式) (い) に書くこと。)

気体の水素が気体の酸素と反応して、液体の水を生成する熱化学方程式は次のように表される。



また、エネルギー図は図 3 のように表される。



気体の窒素が気体の酸素と反応して、気体の一酸化窒素を生成するときの生成熱は  $-90.3 \text{ kJ/mol}$  である。この反応の (1) 熱化学方程式と (2) エネルギー図を書きなさい。  (い)

問 2.

- (1) 固体の塩化カリウム  $7.46 \text{ g}$  を水に溶かすと、 $25^\circ\text{C}$  で  $1.72 \text{ kJ}$  の熱量を吸収する。この反応の熱化学方程式を解答群から選びなさい。  10

[解答群]

- ①  $\text{KCl} (\text{固}) + \text{aq} = \text{KCl}_{\text{aq}} - 1.72 \text{ kJ}$
- ②  $\text{KCl} (\text{固}) + \text{aq} = \text{KCl}_{\text{aq}} + 1.72 \text{ kJ}$
- ③  $\text{KCl} (\text{固}) + \text{aq} = \text{KCl}_{\text{aq}} - 17.2 \text{ kJ}$
- ④  $\text{KCl} (\text{固}) + \text{aq} = \text{KCl}_{\text{aq}} + 17.2 \text{ kJ}$

- (2) 仙台の駅弁で人気のあるものに牛タン弁当がある。このお弁当を温めるのに、水の入った袋を引くとやぶれ、出てきた水と物質との反応を利用していることがある。この反応を表す熱化学方程式として適するものはどれか。

11

[解答群]

- ①  $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{aq} = \text{NH}_4\text{NO}_3\text{aq} - 26 \text{ kJ}$   
 ②  $\text{Fe} + \frac{3}{4}\text{O}_2 + \frac{3}{2}\text{H}_2\text{O}(\text{液}) = \text{Fe}(\text{OH})_3 + 394 \text{ kJ}$   
 ③  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{aq} = \text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{aq} - 15 \text{ kJ}$   
 ④  $\text{CaO}(\text{固}) + \text{H}_2\text{O}(\text{液}) = \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{固}) + 65 \text{ kJ}$

問 3. 共有結合の切断や形成には熱の出入りがともなう。表 1 に気体分子内の共有結合 1 mol あたりの結合エネルギー [kJ/mol] (25℃での値) を示した。

表 1

| 結合  | 結合エネルギー [kJ/mol] |
|-----|------------------|
| H—H | 436              |
| I—I | 153              |
| H—I | 299              |
| N—H | 390              |

- (1) 表 1 の値を用いて、 $\text{H}_2(\text{気}) + \text{I}_2(\text{気}) \longrightarrow 2\text{HI}(\text{気})$  の反応熱を求めるため次のように考えた。まず、1 mol の水素分子の共有結合を切断し、水素原子 12 mol にするためには 13 kJ のエネルギーが必要である。また 1 mol のヨウ素分子の共有結合を切断し、ヨウ素原子 14 mol にするためには 15 kJ のエネルギーが必要である。一方原子が共有結合を形成するときには結合エネルギーに相当するエネルギーが 16 される。水素原子 1 mol とヨウ素原子 1 mol が共有結合を形成するときには 17 kJ のエネルギーが 16 される。したがって  $\text{H}_2(\text{気}) + \text{I}_2(\text{気}) \longrightarrow 2\text{HI}(\text{気})$  の反応熱は 18 kJ と計算される。

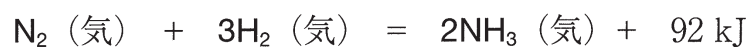
[12～17 の解答群]

- ① 放出      ② 吸収      ③ 436      ④ 852      ⑤ 299  
⑥ 1      ⑦ 153      ⑧ 598      ⑨ 2      ⑩ 306

[18 の解答群]

- ① +144      ② +9      ③ -144      ④ -9

(2) アンモニアの生成反応は次の熱化学方程式で表される。



この熱化学方程式と表 1 の結合エネルギーの値を用いて、 $\text{N} \equiv \text{N}$  結合の結合エネルギーを計算しなさい。 19 kJ/mol

[解答群]

- ① 46      ② 138      ③ 230      ④ 940      ⑤ 1124

3 次の遷移元素に関する文章を読んで以下の問い（問1～5）に答えなさい。

周期表  族に属する銅は、赤色の光沢のある金属で、乾燥した空気中では酸化されにくいですが、湿った空気中では、  を生じる。銅は様々な合金の材料として使われ、亜鉛との合金を  ，スズとの合金を  ，ニッケルとの合金を  という。

周期表  族に属する銀は、銀白色の光沢のある金属で、イオン化傾向が水素より小さいので、塩酸、希硫酸とは反応しないが、酸化力のある強い熱濃硫酸や硝酸とは反応して、水素以外の気体を発生する。また、<sup>(a)</sup> 鉄などの錆びやすい金属の表面に電気メッキして、防食に用いられている。

周期表  族に属する金は、黄金色の美しい光沢のある金属で、イオン化傾向が水素より小さいので、塩酸、希硫酸とは反応しないが、濃硝酸と濃塩酸を体積比1：3で混合した酸化力のある溶液には反応して溶解する。

周期表6族に属する  は、銀白色の光沢を持つ金属で、比較的イオン化傾向は大きいですが、空气中で表面に酸化物の緻密な被膜ができるので、  をつくりやすい。そのため、めっきの材料に使われる。また、ステンレス鋼などの材料に用いられる。酸化数が+6の  は毒性が強い。

周期表7族に属する  は、銀白色の光沢を持つ硬くてもろい金属で、  よりもイオン化傾向が大きく、空气中で表面が酸化される。  は、酸化数が+2、+4、+7の化合物をつくり、酸化数+4の黒色の  酸化物に過酸化水素を滴下すると酸素を生じる。

周期表8族に属する  は、灰白色の光沢のある金属で、比較的イオン化傾向が大きく、希硫酸と反応して、  (II) イオンとなる。ただし、濃硝酸とは  をつくる。  の酸化物は、<sup>(b)</sup> 窒素と水素から直接アンモニアをつくる反応に触媒として用いられる。

周期表 10 族に属する **29** は銀白色の金属で、イオン化傾向は **28** よりもやや小さい。様々な合金・めっきの材料に用いられたり、粉末状にしてエチレンに水素原子を付加する反応の触媒に用いられたりする。**29**－水素電池は、二次電池として電池やハイブリッド自動車のバッテリーに用いられる。

問 1. **20** ～ **25** にあてはまる数値や語句を解答群から選びなさい。

[解答群]

- ① 3    ② 5    ③ 7    ④ 9    ⑤ 11    ⑥ 緑青    ⑦ 黄銅    ⑧ 青銅    ⑨ 白銅  
⑩ ジュラルミン    ⑪ 励起状態    ⑫ 異性体    ⑬ 鍾乳洞    ⑭ 不動態

問 2. **26** ～ **29** にあてはまる元素を解答群から選びなさい。

[解答群]

- ① バリウム    ② アルミニウム    ③ バナジウム    ④ クロム    ⑤ マンガン  
⑥ マグネシウム    ⑦ コバルト    ⑧ ニッケル    ⑨ ナトリウム    ⑩ カリウム  
⑪ 鉄    ⑫ チタン    ⑬ ベリリウム    ⑭ スカンジウム

問 3. 下線 (a) の **Ag** メッキは、硝酸銀  $\text{AgNO}_3$  とシアン化ナトリウム  $\text{NaCN}$  の混合溶液中に鉄板を陰極とし、電流を流すことで行われる。ここで、745 mA の電流を 1 時間流して鉄板に **Ag** メッキを行った。メッキにより陰極の質量は何 g 増加したか。ただし、メッキ中において、電流は全て **Ag** メッキにつかわれるものとする。 **30** g

[解答群]

- ① 1.00    ② 2.00    ③ 3.00    ④ 4.00    ⑤ 5.00  
⑥ 6.00    ⑦ 7.00    ⑧ 8.00    ⑨ 9.00    ⑩ 10.0

問 4. 下線 (b) の方法の名称を解答群から選びなさい。 31

[解答群]

- ① アンモニアソーダ      ② ハーバー・ボッシュ      ③ オストワルト  
④ ホールエルー      ⑤ 接触      ⑥ クメン

問 5. (この問題の解答は、解答用紙 (記述式) (う) に書くこと。)

遷移元素の特徴として、同族元素だけでなく、同周期で隣り合う元素はよく似た性質を示す。その理由を 50 字以内で説明しなさい。 (う)

**4** 次の問い（問 1～3）に答えなさい。

問 1. アセチレンに次の (1)～(4) の物質をそれぞれ付加させたときに生成する物質を解答群から選びなさい。

|            |           |
|------------|-----------|
| (1) 塩化水素   | <b>32</b> |
| (2) シアン化水素 | <b>33</b> |
| (3) 水      | <b>34</b> |
| (4) 酢酸     | <b>35</b> |

[解答群]

- |             |            |            |
|-------------|------------|------------|
| ① アクリロニトリル  | ② アセトアルデヒド | ③ ホルムアルデヒド |
| ④ アセトアミノフェン | ⑤ 酢酸ビニル    | ⑥ 酢酸エチル    |
| ⑦ 塩化ビニル     | ⑧ クロロベンゼン  |            |

問 2. 分子式  $C_4H_4O_4$  で表される化合物について以下  にあてはまる数値や語句を解答群から選びなさい。（繰り返し選んでもよい。）

この化合物として考えられるジカルボン酸の幾何異性体は **36** 種類である。これらのジカルボン酸に金属触媒を用いて水素を付加させると **37** 種類の化合物が生じる。また、加熱により容易に水を失って無水物になるのは **38** 型のジカルボン酸である。

[解答群]

- ① 1    ② 2    ③ 3    ④ 4    ⑤ シス    ⑥ トランス

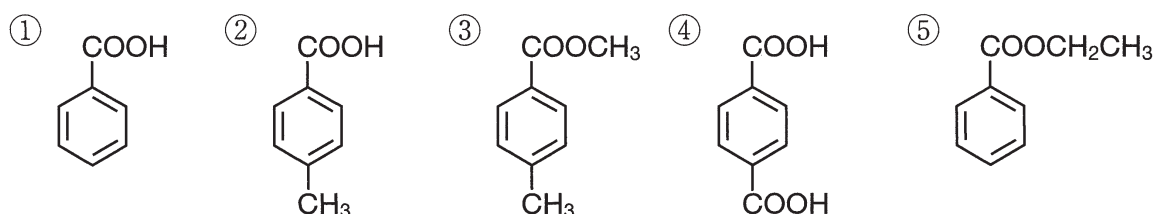
問3. 芳香族化合物 A から E に関する次の文章を読んで、下の問に答えなさい。

- (ア) 化合物 A は分子式が  $C_9H_{10}O_2$  で表されるエステルであり、希硫酸を加えて加熱すると化合物 B とエタノールが生成した。
- (イ) 化合物 B はトルエンを過マンガン酸カリウムで酸化することで得られる。
- (ウ) 化合物 C は化合物 A の構造異性体であり、希硫酸を加えて加熱すると化合物 D とメタノールが生成した。
- (エ) 化合物 D を過マンガン酸カリウムで酸化すると化合物 E が得られた。
- (オ) 化合物 E はベンゼンの 2 置換体であり PET (ポリエチレンテレフタレート) の原料である。

(1) 化合物 A から E に当てはまる物質の構造式を解答群から選びなさい。

A 39    B 40    C 41    D 42    E 43

[39～43 の解答群]



(2) (この問題の解答は、解答用紙 (記述式) (え) に書くこと。)

化合物 E には同じ置換基を同数持つ芳香族の構造異性体が化合物 E を含めて 3 種類ある。化合物 E の構造を決定するためにベンゼン環の水素 1 つを臭素で置換し、生成物全ての構造を解析した。臭素によるベンゼン環の水素 1 原子の置換反応により、化合物 E の構造を決定できる理由を説明しなさい。 (え)

(化学問題終わり)